

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 8月28日

出願番号  
Application Number:

特願2002-247967

[ST.10/C]:

[JP2002-247967]

出願人  
Applicant(s):

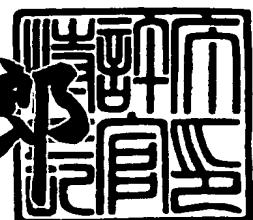
株式会社日立製作所

U.S. Appln filed 6-30-03  
Inventor: H. Sato et al  
mathingly Stanger Malur  
Docket n 17-380

2003年 5月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一



出証番号 出証特2003-3031384

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02004351A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 佐藤 宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 青木 雅博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 辻 伸二

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体光素子、その実装体および光モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】

活性層上を含む素子の上部に一の第1の電極が設けられ、少なくとも前記活性層上に存在し、かつ、前記電極上的一部分に膜が設けられていることを特徴とする半導体光素子。

【請求項2】

前記第1の電極は前記活性層上のコンタクト層を介して前記活性層上に設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体光素子。

【請求項3】

前記膜は電気的絶縁性の高いものであるか、又は金属の酸化物、窒素を含む化合物、ケイ素を含む化合物を素材とするものであることを特徴とする請求項1記載の半導体光素子。

【請求項4】

実装基板上の第2の電極と前記光素子の前記第1の電極の前記膜の形成されていない部分とは半田を介して固定され、前記膜表面は前記半田と接していることを特徴とする請求項1記載の半導体光素子の実装体。

【請求項5】

活性層上を含む素子の上部に一の第1の電極が設けられ、少なくとも前記活性層上に存在し、かつ、前記電極上的一部分に膜が設けられ、前記第1の電極の前記活性層上から離間した部分と実装基板上の第2の電極とは半田で固定され、前記膜は半田と前記素子の両方に接触していることを特徴とする半導体光素子の実装体。

【請求項6】

前記膜は前記活性層と前記実装基板とを結ぶ垂線上の位置に少なくとも設けられていることを特徴とする請求項5記載の半導体光素子の実装体。

【請求項7】

前記半導体光素子はリッジ型、埋め込み型または面発光型のいすれかの素子で

あることを特徴とする請求項5記載の半導体光素子の実装体。

【請求項8】

前記膜は電気的絶縁性の高いものであるか、又は金属の酸化物、窒素を含む化合物、ケイ素を含む化合物を素材とするものであることを特徴とする請求項5記載の半導体光素子。

【請求項9】

活性層上を含む素子の上部に一の第1の電極が設けられ、少なくとも前記活性層上に存在し、かつ、前記電極上的一部分に膜が設けられ、前記第1の電極の前記活性層上から離間した部分と実装基板上の第2の電極とは半田で固定され、前記膜は半田と前記素子の両方に接触している半導体光素子の実装体を内蔵した非気密封止型の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザなど光素子の構造とそれを実装した構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信用部品の低コスト化において、光モジュールの低価格化は、重要な課題である。特に光素子実装の簡易化は、光モジュールの価格を低減する上で非常に重要な技術となっている。簡易な実装方法としていくつかの方法が公知となっているが、簡易実装基板上に半導体レーザをジャンクションダウン実装した光モジュールが有力であることが公知となっている。例えば、1995年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演集、講演番号SC1-12や、1997年電子情報通信学会総合大会講演集、講演番号C3-68等に、簡易実装構造が報告されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザをジャンクションダウンの形態で実装する場合、半導体レーザは、Si等の光実装基板上にはんだ金属を介して接合される。ジャンクションダウン

実装した状態ではんだ金属と半導体レーザの電極金属との反応が大きくなつた場合、半導体レーザの信頼性を悪化させることがある。これにはいくつかの原因がある。一つの原因是、特開平11-87849に記されるように、光素子の活性層や吸収層に加わる応力である。また、別の原因としては、公知の文献Journal of materials science: Materials in Electronics Vol.6(1995)219~227ページに有るように、半導体中への金属の拡散が上げられる。半導体中に拡散した金属が活性層に進入し、結晶欠陥を作りだした場合、素子特性を劣化させる原因となる。

## 【0004】

これら電極金属とはんだ金属の反応・拡散を抑え光素子の寿命を確保するために、いくつかの方法が知られている。例えば、(1)光素子の電極にTiやPtを挿入し、はんだ金属の拡散を抑止する方法や、(2)光素子の電極とはんだ金属との反応を抑える方法等が提案され公知となっている。

## 【0005】

このうち、(1)のようにTiやPtを挿入して金属の拡散を防止する場合、素子構造によって十分な効果が得られないことがある。一例を挙げると、リッジ導波路型レーザのように表面の凹凸が大きい場合、凹凸をTiやPt層が均一に被覆できない場合がある。TiやPt層の厚さが薄い箇所、または、Ti、Pt層が形成されない箇所が局所的に存在すると、当該箇所でのはんだ金属の進入を抑止できない。不均一性を補うために、TiやPt層を厚くする方法が考えられるが、TiやPt層の膜厚増大は応力の増大を伴うため、半導体レーザの信頼性を劣化させる原因となる。

## 【0006】

また、(2)の方法にはいくつかの方法が考えられる。例えば以下の公知例、特開平11-87849では、実装基板に形成されたはんだ金属のうち、光素子の活性層または吸収層に近い部分に空洞領域を設け、光素子の電極金属とはんだ金属との反応を抑止する構造が提案されている。具体的には、実装する光素子と実装基板のはんだ金属、両方の表面に絶縁膜を設けることで、光素子の電極とはんだ金属との接触を回避している。当然のことながら、このような構造では金属の進入は防ぎやすい。しかし、活性層の近い部分に空洞を設けた場合、実装基板と接触していないために、放熱性の観点で新たな問題が発生する。

## 【0007】

それを以下に説明する。

## 【0008】

半導体レーザでは、電流を注入に伴い熱が発生する。半導体レーザを安定に動作させるためには、活性層近傍で発生した熱を速やかに放熱させる必要がある。しかし、公知例のように、活性層ストライプの上部に空洞がある場合、活性層近傍からの放熱性は低下し、半導体レーザの活性層部分の温度を上昇させる。この結果、半導体レーザの動作電流を増大させる等、実用上の問題が発生する。この問題を解決するためには、光素子の電極金属と実装基板の半田金属との反応を抑制し、かつ、放熱特性を良好にする構造が求められる。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、光素子の電極金属と実装基板のはんだ金属との反応を抑制し、かつ、活性層からの放熱を良好にするために好適な構造を提供する。具体的には、光素子表面の一部に絶縁膜等を形成し、はんだ金属と光素子電極との反応を抑えながら、はんだ金属と光素子の導波路部分が接触した形で実装し、放熱特性を良好にするものである。これにより、素子の動作電流上昇を防ぐことができる。

## 【0010】

本発明では、光素子の放熱性を向上させることで前述の動作電流が増大する課題を解決し、かつ、高信頼の素子を提供する。光素子の電極の外周を絶縁膜で被覆することにより、ジャンクションダウンの形態で実装した光素子は、絶縁膜を一層挟んで実装基板側のはんだ金属に接触する。実装基板のはんだ金属と光素子の電極との直接的な接触を回避した結果、はんだの金属と光素子の電極との反応を抑止できる。一方、放熱(熱伝導)の観点からは実装基板と光素子が接触しているため、公知例のように空洞を設けた場合よりも、熱伝導は良好になる。この結果、素子動作時に、活性層の温度上昇が抑えられ、素子の動作電流の増大を抑止する。

## 【0011】

さらに、はんだ金属との反応を抑止する層を電極の外側に被覆しているため、素子の電極に対する制約も緩和される。たとえば、はんだ金属の進入を防ぐために通常用いられるTiやPt等の金属の厚さを最低限の厚さまで薄くできる。この結果、TiやPt金属による応力の発生を回避できる。この結果、素子の活性層または光吸収層に負荷される応力も低減でき、素子の信頼性低下を防ぐことが期待される。

## 【0012】

また、本発明の実装形態を適用した光モジュールでは、封止方法を非気密封止とした場合には、本発明の効果が最大限に現れる。非気密封止光モジュールでは、モジュール外部の水分が容易にモジュールのパッケージ内部に浸透する。パッケージ内に進入した水分子は、はんだ金属および光素子表面の電極を酸化させる。この結果、応力の発生や金属原子の拡散を引き起こし、光を劣化させる原因となる。本発明を適用した場合には、電極表面を絶縁膜で保護しているため、はんだ金属と素子表面の電極との異常な反応を抑えることが出来る。

## 【0013】

なお、本発明の中では、ジャングクションダウンと表現しているが、フェースダウン(face down)やupside-downと表現される場合もある。また、結晶をエピタキシャル成長した面を実装基板側にして実装していることから、エピサイドダウン(epi-side down)と呼ばれることもある。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

## 実施例1

本発明を適用した第一の実施例、リッジ導波路型のファブリ-ペロ(FP)レーザについて説明する。図1は本発明第一実施例の鳥瞰図、図2は光導波路部分の断面図を示す。素子はInGaAsP系材料を活性層とするリッジ導波路型レーザである。面方位が(100)のn型InP基板101の上に、n型InGaAsP光閉じ込め層102、多重量子井戸層103、p型InGaAsP光閉じ込め層104が存在し、さらにその上部にp型InPクラッド層105、p型InGaAsオーミックコンタクト層106が積層されている。活性層となる量子井戸層には、厚さ6nmの井戸層、厚さ10nmの障壁層

を7対（周期）積層し、発振波長が約1300nmとなるようにした。本実施例では、活性層材料としてInGaAsP系材料を用いているが、InGaAlAs系材料を用いることもできる。さらに、基板をGaAsとして、活性層にInGaNAs系材料を用いてもよい。また、発振波長も1300nmに限定するものではなく、所望の波長を持つ半導体レーザに適用することができる。

所望の層構造を積層した後、リッジ導波路構造を形成した。リッジ導波路の形成には、反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)とウエットエッチングを併用した。RIEには、メタン、水素、酸素の混合ガスを用い、また、ウエットエッチングには、塩酸と磷酸の混合溶液を用いた。塩酸と磷酸の混合溶液によるエッチングでは、InPのみが選択的にエッチングされるため、InGaAsP光導波路層とp側InPクラッド層の界面で自動的にエッチングが停止する。この結果、ウエハ面に対してほぼ垂直な側壁を持つリッジ導波路を形成できる。

リッジ導波路形成のエッチングに引き続き、表面を保護するため、酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)膜107を表面に形成した。絶縁膜は窒化ケイ素(SiN)でもよい。また絶縁膜の形成は、熱CVD(CVD: Chemical Vapor Deposition)法、プラズマCVD法いずれでもよい。表面絶縁膜を形成した後、リッジ型導波路の上面部分のみは、電極との接触を得るため、絶縁膜を除去する。図2の199の部分である。引き続き、p側の電極108を形成する。電極には、Ti(100nm)、Pt(100nm)、Au(300nm)を真空蒸着した。電極を蒸着した後、電極の外周に厚さ100nmの保護膜として酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)膜109を形成した。保護膜の材料は前記と同様SiNでもよく、また、形成方法は熱CVD、プラズマCVDいずれでもよい。

#### 【0015】

図1にあるように、電極を被覆する絶縁膜109は、リッジ導波路近傍にのみ残し、その他の領域では除去する。素子をはんだ金属上に実装した際、絶縁膜に被覆されていない部分がはんだ金属と接する。はんだ金属と接する部分はレーザ導波路と離れているため、はんだ金属と素子の電極が反応した場合においても、リッジ導波路部分への影響はない。表面保護用の絶縁膜を形成した後、ウエハの厚さを100μm程度に薄くし、n側の電極110を形成する。公知の作製工程を経て素子化する。素子の共振器長は300μmとし素子端面には、公知の手法で高反射

膜を形成する。素子化する工程は、公知の半導体レーザ作製工程と同一であるため、詳細な説明は省略する。

## 【0016】

完成した素子を、実装基板上111に、はんだ金属112でジャンクションダウント実装形態し、素子の電流-光出力(I-L)特性を評価した。実装形態の断面図を図3に示す。25°Cから85°Cの温度範囲において、良好なI-L特性を実現した。また、レーザと実装基板の間に空洞を設けた場合に比べ、動作電流が低減される。動作電流低減の一例を表1に示す。

## 【0017】

【表1】

表1

構造	活性層温度上昇量 [°C]	動作電流増大量 [mA]
電極-はんだ直接接合	0.29	0
空洞形成時	4.8	9.6
本発明	0.61	1.22

表1に示すように熱伝導の差によって、活性層部分の温度上昇量に差が生じる。光素子と実装基板との間に空洞がある場合に比べ、本発明では、熱抵抗が小さくなり、活性層部分の温度上昇を小さくすることができる。本発明により活性層の温度上昇を抑止することで、85°Cでの動作電流は、前記の空洞がある場合に比べ10mA程度低減できる。

## 【0018】

本実施例では、ファブリ-ペロ(FP)型レーザを例示しているが、半導体レーザに回折格子構造を設け、DFBレーザとした場合にも適用可能である。また、発振波長も1.3帯としているが、1.55μm帯等のレーザにも適用してもよい。

## 【0019】

本実施例では、光素子電極をSiO<sub>2</sub>あるいはSiNで被覆した例を示しているが、T

iN、AlNのような金属窒化物(Nitride)やWSiのような金属-ケイ素化合物(Silicid e)を用いた場合においても、電極金属とはんだ金属との反応を抑止する金属であれば同様の効果が期待できる。

## 【0020】

本実施例を適用した光素子実装基板を光モジュールに搭載することで、光モジュールの動作電流を低減できることは言うまでもない。また、動作電流を低減した結果、光モジュールを駆動する集積回路(IC)への負荷も低減できるため、より振幅電圧の小さいICで駆動可能な光モジュールを実現できる。

## 【0021】

図3、4、5には、第一の実施例の応用例を示した。応用例では、高速動作を実現する素子に対して本発明を適用した例を示す。高速動作を実現する素子では、素子の寄生容量を小さくするために、p側の電極108の下に低誘電率の材料からなる台座131を挿入することがある。ここでは、SiO<sub>2</sub>を台座として用いた素子を例に挙げ、応用例とした。このような、高速動作の実現を目指す場合においても、本発明を適用することができる。

## 実施例2

本発明を適用した第二の実施例として、ヘテロ(BH: Buried Heterostructure)型レーザに適用した例について説明する。図7は鳥瞰図、図8は断面図をそれぞれ示す。半導体レーザの積層構造は第一の実施例と同一である。面方位が(100)のn型InP基板201の上に、InGaAsP系活性層202、その上部にはp型InPクラッド層203、p型オーミックコンタクト層204が積層されている。活性層は、InGaAsP光閉じ込め層、多重量子井戸層、p型InGaAsP光閉じ込め層から構成されている。活性層の発振波長は約1300nmに設定している。発振波長は、1300nmに限定する必要はなく、任意の波長をもつレーザに対して適用できる。

## 【0022】

所望の層構造を積層したウエハを用い公知の手法でBH型レーザを作製した。Feを添加した半絶縁性InP211で活性層が埋めこまれている。ウエハ表面に絶縁膜212を形成した後、活性層(導波路部分)に通電するため、電極213を形成した。電極を形成後、実装時にはんだ金属との反応を防ぐために、電極を絶縁膜

(SiO<sub>2</sub>) 214で被覆する。ひきつづき、公知の手法と同じ手順でウエハの厚さを100μm程度とし、n側の電極215を形成し素子を完成させた。

## 【0023】

完成した素子を実装した形態の断面図を図9に示す。実装基板221上にはんだ金属222で固定されている。

## 【0024】

本実施例においても、第一の実施例と同様、活性層の温度上昇を抑えることができ、動作電流を低く抑えることが出来る。

## 実施例3

本発明を面型発レーザに適用した例を図10および図11に示す。実装基板301上に、はんだ金属302を介して、面発光レーザを実装した例を示している。面方位が(100)のn型GaAsを基板311の上に、プラグ反射鏡312、313と活性層314が積層されている。これら、活性層およびプラグ反射鏡の構造は公知の構造と同一であるため、詳細な説明は省略する。前述の積層構造を形成に続き、電流狭窄構造を形成し、表面の絶縁膜315およびp側電極316を形成する。さらに、実装時のはんだ金属との反応を抑える目的で、電極の一部に絶縁膜317で被覆する。絶縁膜317で電極を被覆し、電流狭窄領域周辺での電極とはんだ金属との反応を防ぐことができる。

## 【0025】

以上、3つの実施例を記載しているが、本発明の構造は、実施例以外の光素子にも適用できる。例えば、導波路型光素子で言えば、実施例1、2では、半導体レーザを示しているが、電界吸収型(EA: Electro Absorption)変調器にも適用できる。EA変調器に適用する場合は、公知の通り実施形態は、図1～6に記したものとほぼ同一の形態となるため、詳細な記述は省略する。変調器に適用する場合には、本発明の第一または第二の実施例において、光導波路層の構造を変調器として好ましい積層構造にすればよい。EA変調器として好適な積層構造はすでに公知である。また、図12、13、14に示すようにマッハ・ツェンダ(Hach Zehnd)型光変調器に応用できる。図12から図14に示す構造の形成工程は、本発明第一の実施例と同一である。マッハ・ツェンダ型光変調器の積層構造を用い、

かつ、分岐構造を持つ導波路構造にすればよいことは容易に類推できる。これら、積層構造についても広く知られているため、ここでの詳細な説明は省略する。さらに、レーザ、変調器各々単体に適用するだけでなく、変調器を集積した半導体レーザに適用可能であることは言うまでもない。

## 【0026】

また、電極とはんだ金属の反応を抑止する層にSiO<sub>2</sub>やSiNの絶縁膜を用いてい  
るが、金属の窒化物、例えばTiN等を用いてもよい。

## 【0027】

## 【発明の効果】

本発明により、低価格で高い信頼の半導体レーザモジュールを提供できる。本  
発明の実施例に係る素子を搭載した光モジュールによれば、低消費電力での動作  
が可能な高速光伝送装置を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図2】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図3】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図4】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図5】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図6】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図7】

本発明の実施例を説明するための図である。

## 【図8】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図9】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図10】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図11】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図12】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図13】

本発明の実施例を説明するための図である。

【図14】

本発明の実施例を説明するための図である。

【符号の説明】

101…n型InP基板、102…n型InGaAsP光閉じ込め層、103…多重量子井戸活性層、104…p型InGaAsP光閉じ込め層、105…p型InPクラッド層、106…p型InGaAsオーミックコンタクト層 107…素子表面絶縁膜、108…p側電極、109…電極保護用絶縁膜、110…n側電極

111…実装基板、112…はんだ金属

131…台座

201…n型InP基板、202…InGaAsP系活性層、203…p型InPクラッド層、  
204…p型InGaAsオーミックコンタクト層

211…半絶縁InP、212…素子表面絶縁膜、213…p側電極、214…電極保護用絶縁膜、215…n側電極

221…実装基板、222…はんだ金属

301…実装基板、302…はんだ金属

311…n型GaAs基板、312…n型プラグ反射鏡、313…活性層、314…p型プラグ反射鏡、315…素子表面絶縁膜、316…p側電極、317…電極保護用絶縁膜、318…n側電極

401…分岐導波路、402…変調器、403…電極、404…電極保護用絶縁

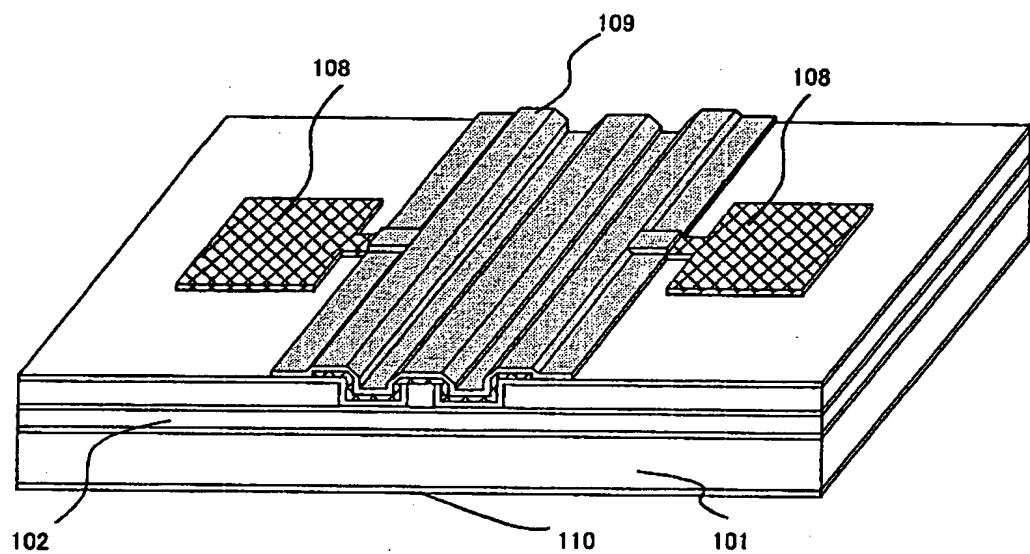
膜

411…n型InP基板、412…InGaAsP光導波路、413…p型InPクラッド層、  
414…p型InGaAsオームикコンタクト層、415…素子表面絶縁膜、416  
…n側電極。

【書類名】 図面

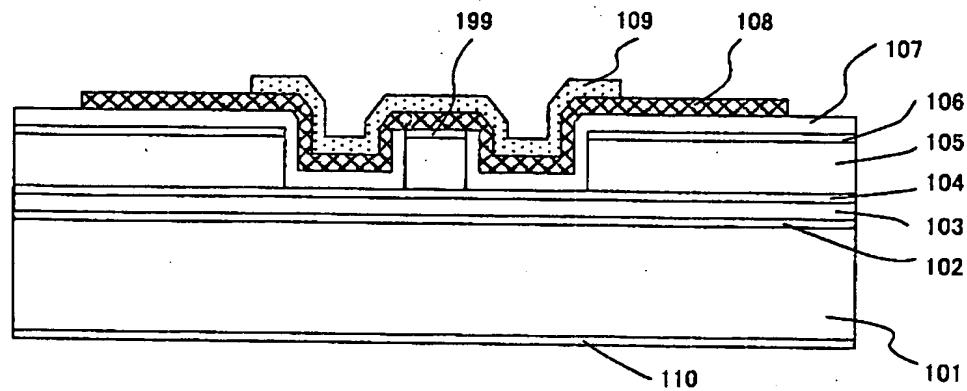
【図1】

図1



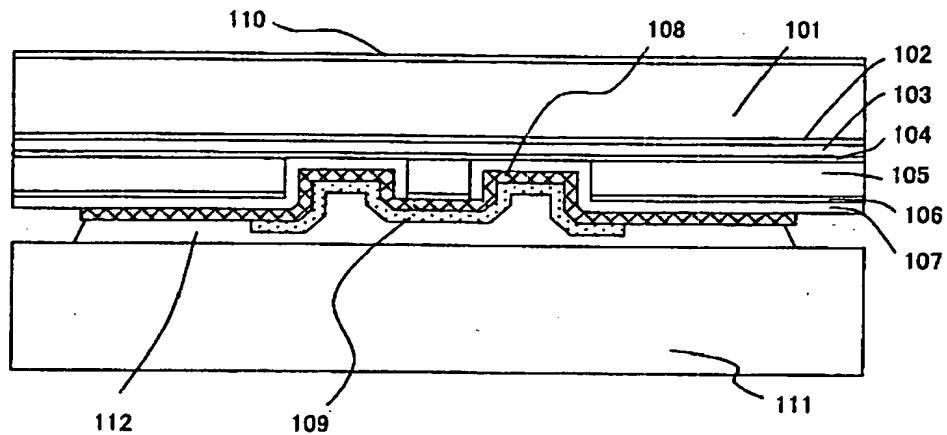
【図2】

図2



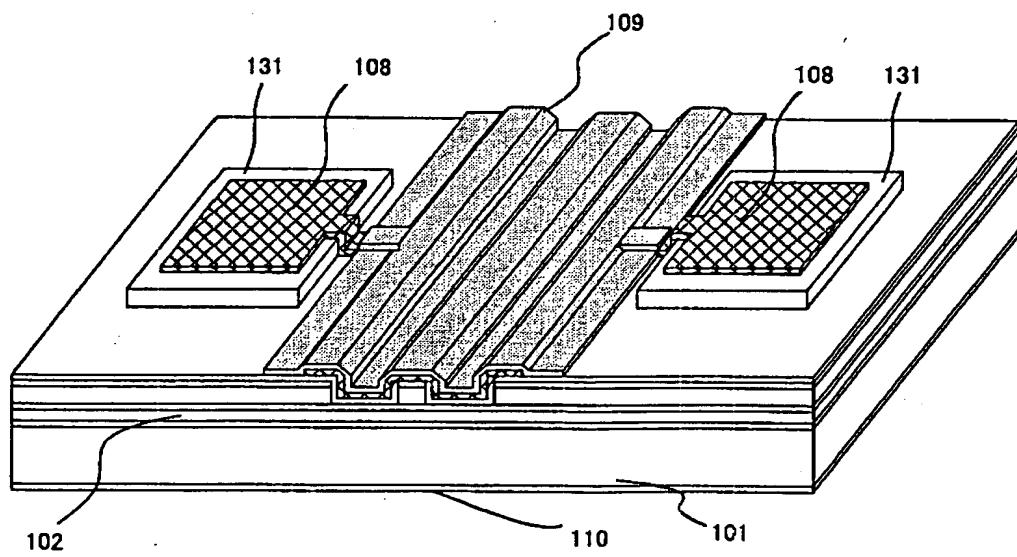
【図3】

図3



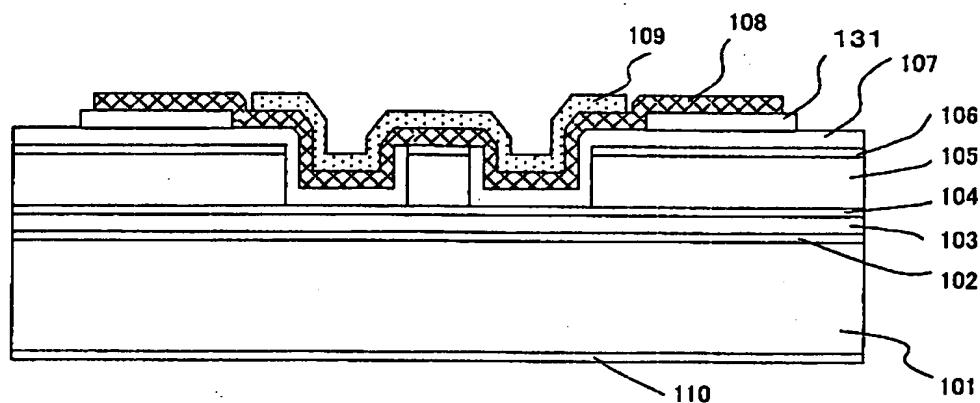
【図4】

図4



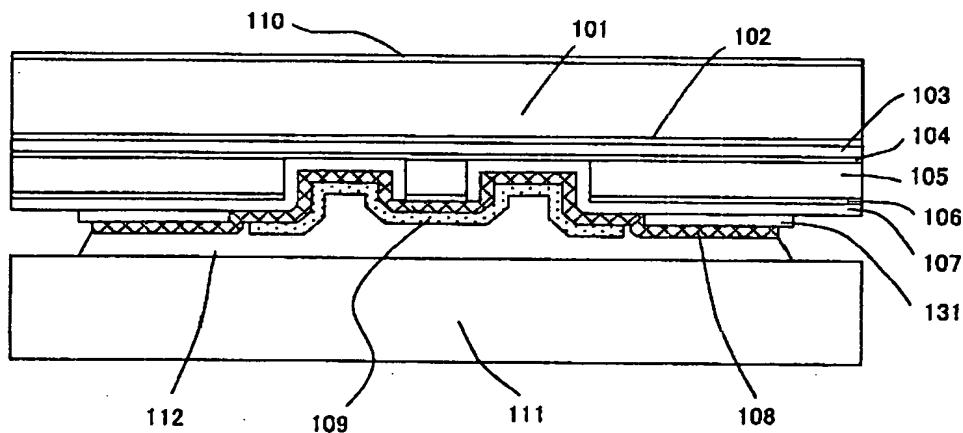
【図5】

図5



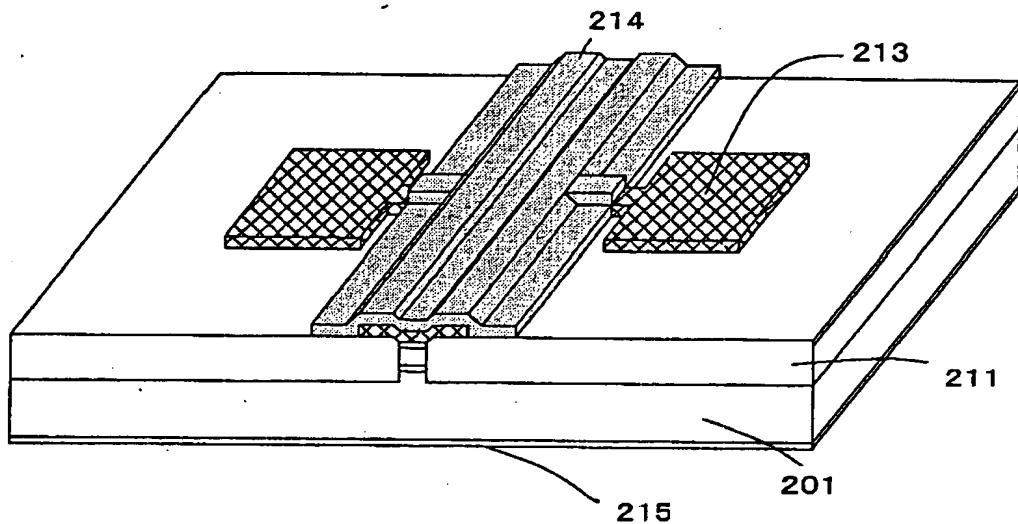
【図6】

図6



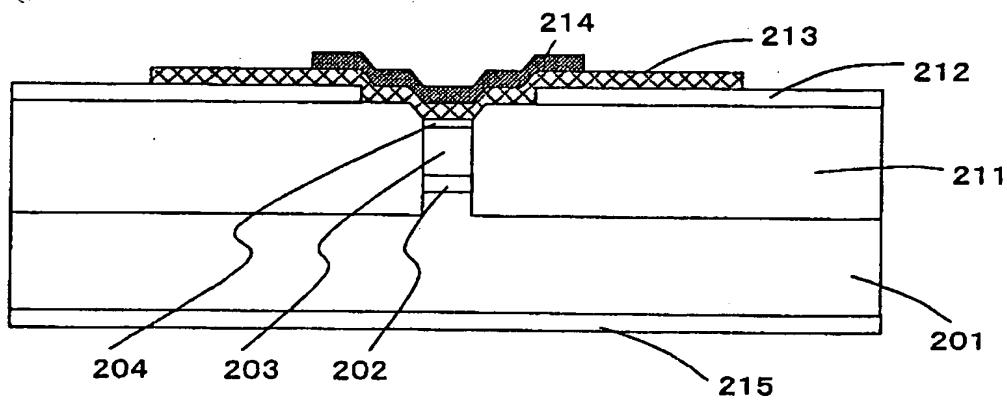
【図7】

図7



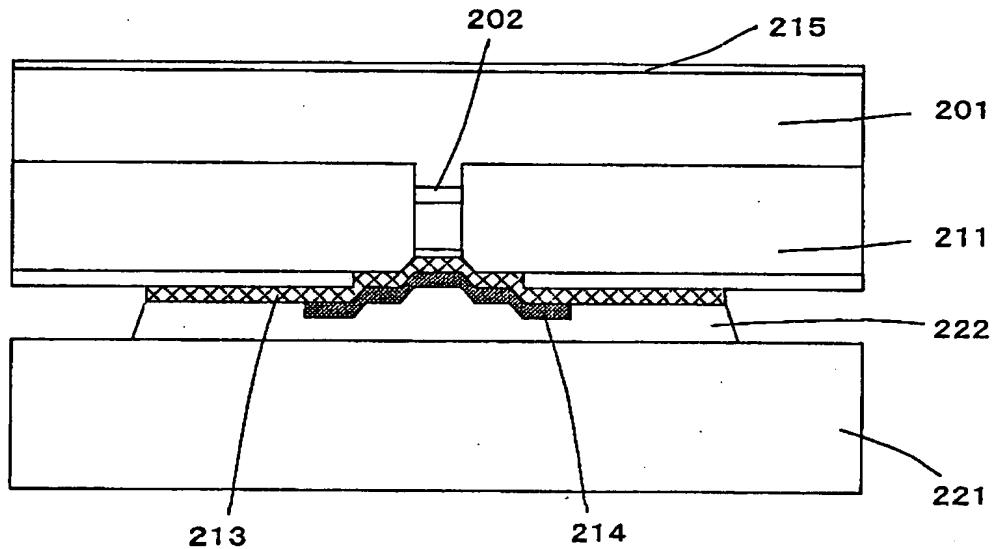
【図8】

図8



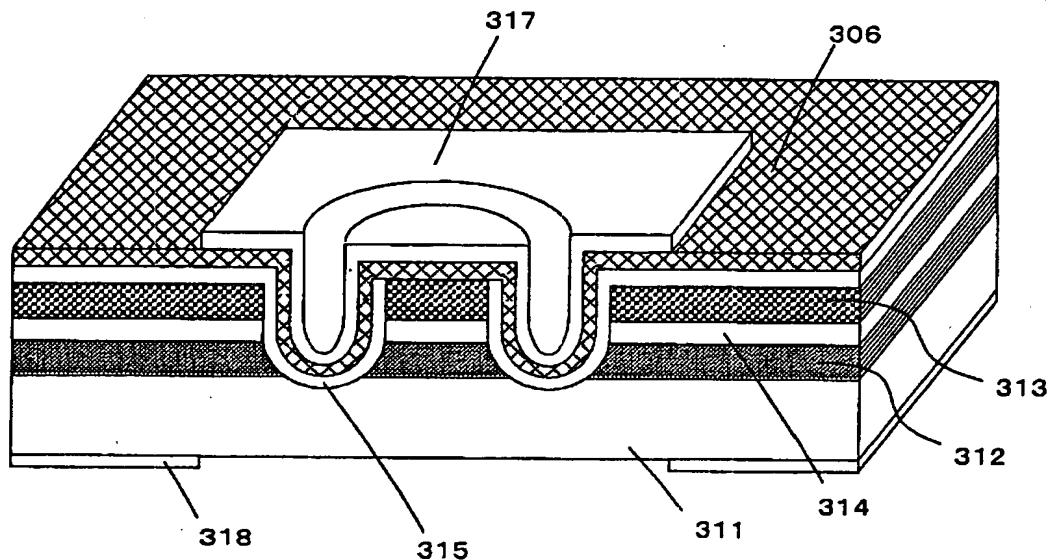
【図9】

図9



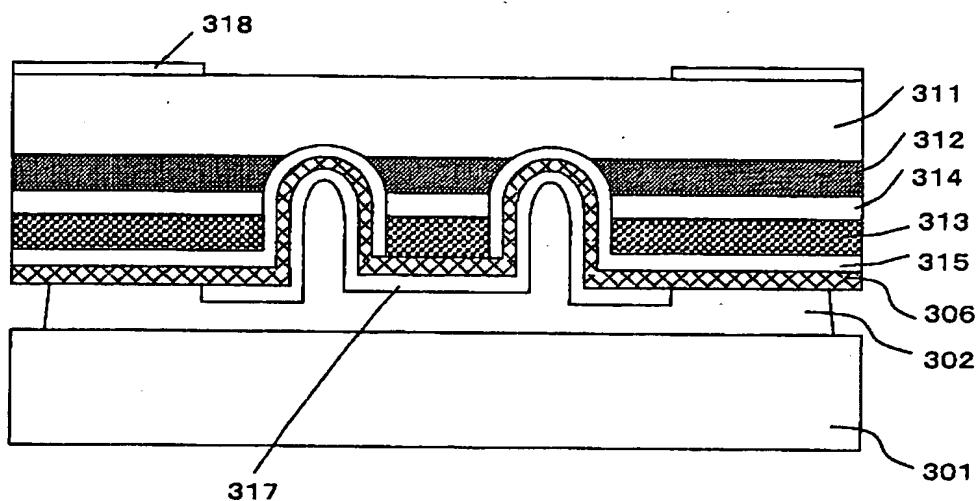
【図10】

図10



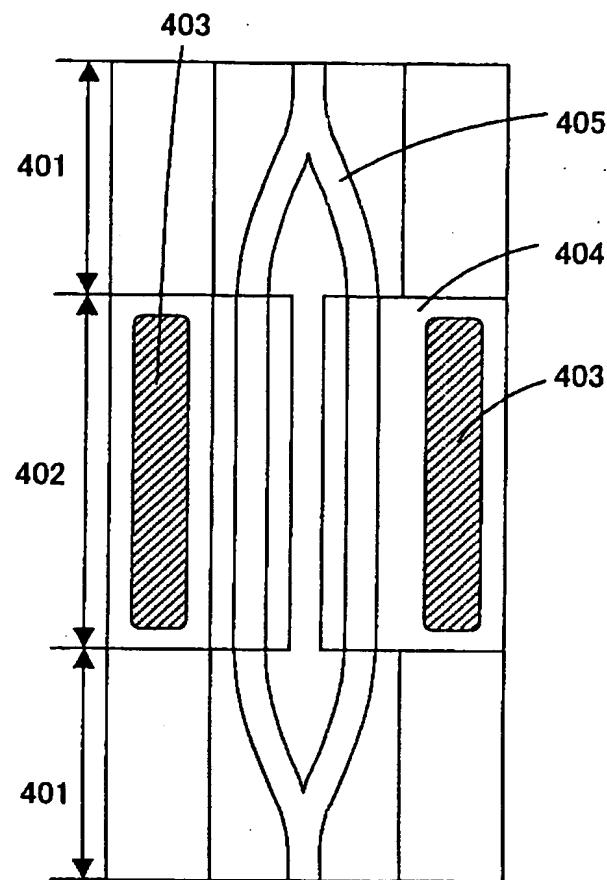
【図11】

図11



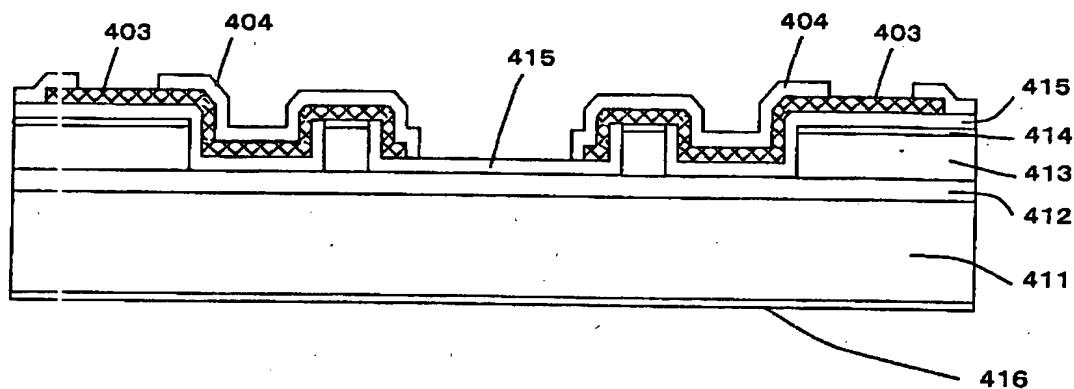
【図12】

図12



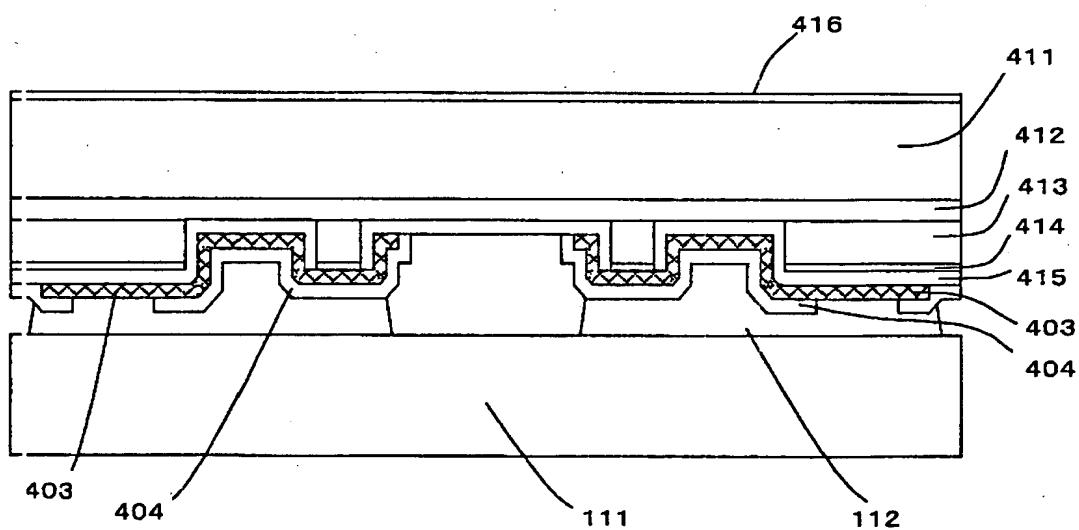
【図13】

図13



【図14】

図14



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は光伝送装置に関わり、特に、低成本の光伝送システムに好適な、簡易な構造を有しあつ高信頼の光モジュールおよび光伝送装置を提供する。

【解決手段】 実装基板上にジャンクションダウン実装された半導体光素子において、実装基板と対向した面に形成された電極の一部に絶縁膜を被覆し、かつ、電極を被覆する絶縁膜が実装基板のはんだ金属と接触していることを特徴とする。

【効果】 半導体レーザと実装基板との熱伝導を劣化させることなく、光素子の電極と実装基板のはんだ金属との反応を抑止できる。これにより、半導体中へのはんだ金属の拡散を防止し、ジャンクションダウン実装した半導体レーザの信頼性を向上できる。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-247967
受付番号	50201273774
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成14年 8月29日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 8月28日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所